

## MECHANICAL SENSOR AND PRODUCTION METHOD THEREOF

Patent Number: JP2000040830  
Publication date: 2000-02-08  
Inventor(s): TAKEUCHI YUKIHIRO; KATO NOBUYUKI; YAMAUCHI SHOICHI  
Applicant(s): DENSO CORP  
Requested Patent: ☐ JP2000040830  
Application Number: JP19980206835 19980722  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L29/84; G01P15/125  
EC Classification:  
Equivalents:

---

### Abstract

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent malfunctions such as sticking or the like from being generated in a beam structure.

**SOLUTION:** A beam structure 2A having movable electrodes 7a and 7b is supported on the upper surface of a substrate 1 so that they can move in the direction parallel to the surface of the substrate 1 with a prescribed space. Fixed electrodes 9a, 9b, and 11a are fixed on the upper surface of the substrate 1 and are arranged in face with the movable electrodes 7a and 7b. As a result, the displacement of the beam structure 2A and that of the movable electrodes 7a and 7b, are detected dependently on the applied acceleration. Each side of the movable electrodes 7a and 7b, which face with the fixed electrodes 9a, 9b, and 11a, has the shape of a taper. Each facing inside distance between the movable electrodes 7a and 7b face, and the fixed electrodes 9a, 9b, and 11a, is various depending on the direction of movement of the beam structure 2A.

---

Data supplied from the esp@cenet database - l2

JP-A-2000-40830 discloses a dynamic quantity sensor in which malfunctions such as sticking or the like is prevented from being generated in a beam structure thereof and its manufacturing method.

A beam structure 2A having movable electrodes 7a, 7b is supported on the upper surface of a substrate 1 with a prescribed space so that they can move in the direction parallel to the surface of the substrate 1. Fixed electrodes 9a, 9b, 11a are fixed on the upper surface of the substrate 1 and are arranged to face the movable electrodes 7a, 7b in order to detect the displacement of the beam structure 2A under acceleration in combination with the movable electrodes 7a, 7b. The surfaces of the movable electrodes 7a, 7b and the fixed electrodes 9a, 9b, 11a that face each other have the shape of a taper. The distances between the surfaces are various in the directions along which the beam structure 2A moves.

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-40830

(P2000-40830A)

(43) 公開日 平成12年2月8日(2000.2.8)

(51) Int.Cl.

識別記号

FI

テマコード(参考)

H01L 29/84

H01L 29/84

Z 4M112

G01P 15/125

G01P 15/125

未請求

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-206835

(22) 出願日 平成10年7月22日(1998.7.22)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 竹内 幸裕

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(72) 発明者 加藤 信之

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(74) 代理人 100068755

弁理士 恩田 博宣

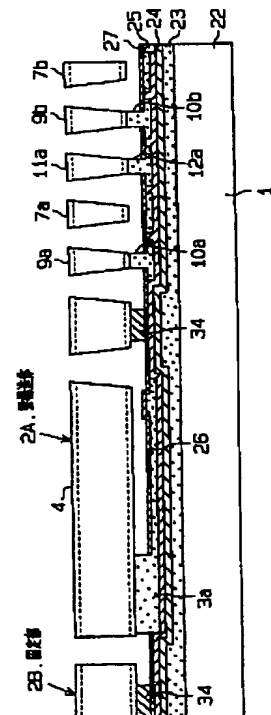
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 力学量センサとその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 梁構造体にスティッキング等の不具合が生じにくい力学量センサとその製造方法を提供する。

【解決手段】 可動電極7a, 7bを有する梁構造体2Aは、基板1の上面に所定間隔を隔てて基板1の表面に平行な方向に移動可能に支持されている。固定電極9a, 9b, 11aは、基板1の上面に固定され、梁構造体2Aの可動電極7a, 7bに対向して配置され、加速度の印加に伴う梁構造体2Aの変位を可動電極7a, 7bと共に検出する。可動電極7a, 7bと固定電極9a, 9b, 11aとが対向する面がテーパー形状をなし、可動電極7a, 7bと固定電極9a, 9b, 11aとが対向する面内において梁構造体2Aの移動方向での離間距離が異なっている。



**【特許請求の範囲】****【請求項1】** 基板と、

前記基板の上面に所定間隔を隔てて基板の表面に平行な方向に移動可能に支持され、可動電極を有する梁構造体と、

前記基板の上面に固定され、前記梁構造体の可動電極に対向して配置され、力学量の印加に伴う梁構造体の変位を前記可動電極と共に検出するための固定電極と、を備えた力学量センサであって、前記可動電極と固定電極とが対向する面内において前記梁構造体の移動方向での離間距離を異ならせたことを特徴とする力学量センサ。

**【請求項2】** 前記可動電極と固定電極とが対向する面のうち少なくともいずれか一方を、対向する面内での離間距離が徐々に変化するテーパ形状とした請求項1に記載の力学量センサ。

**【請求項3】** 前記可動電極と固定電極とが対向する面のうち少なくともいずれか一方を、順テーパと逆テーパを繰り返して凹凸を形成した請求項1に記載の力学量センサ。

**【請求項4】** 基板と、

前記基板の上面に所定間隔を隔てて基板の表面に平行な方向に移動可能に支持され、可動電極を有する梁構造体と、

前記基板の上面に固定され、前記梁構造体の可動電極に対向して配置され、力学量の印加に伴う梁構造体の変位を前記可動電極と共に検出するための固定電極と、を備えた力学量センサの製造方法であって、

第1の半導体基板上に、犠牲層用薄膜および第1の絶縁体薄膜を積層する工程と、

前記犠牲層用薄膜と第1の絶縁体薄膜との積層体におけるアンカー部形成領域を開口する工程と、

前記開口部を含む第1の絶縁体薄膜上の所定領域に導電性薄膜を形成する工程と、

前記導電性薄膜の上を含む前記第1の絶縁体薄膜上に第2の絶縁体薄膜を形成する工程と、

前記第2の絶縁体薄膜上に貼合用薄膜を形成するとともに、当該貼合用薄膜の表面の平坦化を行う工程と、

前記貼合用薄膜の表面と第2の半導体基板とを貼り合わせる工程と、

前記第1の半導体基板を所望の厚さまで研磨する工程と、

前記第1の半導体基板における可動電極形成部と固定電極形成部との間の不要領域を、対向する面内において基板の表面に平行な方向での離間距離を異ならせて除去する工程と、

ウェットエッチングにより所定領域の前記犠牲層用薄膜を除去して前記第1の半導体基板よりなる梁構造体を可動構造とする工程と、を備えたことを特徴とする力学量センサの製造方法。

**【請求項5】** 基板と、

前記基板の上面に所定間隔を隔てて基板の表面に平行な方向に移動可能に支持され、可動電極を有する梁構造体と、

前記基板の上面に固定され、前記梁構造体の可動電極に対向して配置され、力学量の印加に伴う梁構造体の変位を前記可動電極と共に検出するための固定電極と、を備えた力学量センサの製造方法であって、

第1の半導体基板における可動電極形成部と固定電極形成部との間のエアギャップ形成領域に溝を、対向する内壁面内において基板の表面に平行な方向での離間距離を異ならせて形成する工程と、

前記溝を含む前記第1の半導体基板上に、犠牲層用薄膜および第1の絶縁体薄膜を積層する工程と、

前記犠牲層用薄膜と第1の絶縁体薄膜との積層体におけるアンカー部形成領域を開口する工程と、

前記開口部を含む第1の絶縁体薄膜上の所定領域に導電性薄膜を形成する工程と、

前記導電性薄膜の上を含む前記第1の絶縁体薄膜上に第2の絶縁体薄膜を形成する工程と、

前記第2の絶縁体薄膜上に貼合用薄膜を形成するとともに、当該貼合用薄膜の表面の平坦化を行う工程と、

前記貼合用薄膜の表面と第2の半導体基板とを貼り合わせる工程と、

前記第1の半導体基板を所望の厚さまで研磨する工程と、

ウェットエッチングにより所定領域の前記犠牲層用薄膜を除去して前記第1の半導体基板よりなる梁構造体を可動構造とする工程と、を備えたことを特徴とする力学量センサの製造方法。

**【請求項6】** エッチングの条件を変えながら溝加工を行うことにより離間距離を異ならせるようにした請求項4または5に記載の力学量センサの製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】** この発明は力学量センサに係り、詳しくは、例えば加速度、ヨーレート等を検出するための力学量センサとその製造方法に関するものである。

**【0002】**

**【従来の技術】** 半導体加速度センサとして、特開平9-211022号公報等に開示されているように、加速度を受けた際に移動する梁構造体を有し、その梁構造体の動きを対向する電極（固定および可動電極）にて検出する方法が知られている。

**【0003】** 本発明者らがその加速度センサについて更に検討を進めたところ、梁構造体にスティッキング（付着）や反りが生じやすく、センサ機能が阻害されることがあることが判明した。

**【0004】**

【発明が解決しようとする課題】そこで、この発明の目的は、梁構造体にスティッキング等の不具合が生じにくい力学量センサとその製造方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明においては、可動電極と固定電極とが対向する面内において梁構造体の移動方向での離間距離を異ならせた。よって、スティッキングが起こる部位である電極対向面におけるスティッキング面積を減らし、スティッキング力を減じてリリースしやすい構造となる。

【0006】ここで、請求項2に記載のように、可動電極と固定電極とが対向する面のうち少なくともいずれか一方を、対向する面内での離間距離が徐々に変化するテーパー形状としたり、請求項3に記載のように、可動電極と固定電極とが対向する面のうち少なくともいずれか一方を、順テーパーと逆テーパーを繰り返して凹凸を形成したりする。といったようにすると、実用上好ましいものとなる。

【0007】例えば、テーパー形状を形成することで、反りの発生要因となる応力の残留部位を少なくでき、反りの発生を抑えることができる。請求項4に記載の力学量センサの製造方法によれば、第1の半導体基板上に、犠牲層用薄膜および第1の絶縁体薄膜が積層され、犠牲層用薄膜と第1の絶縁体薄膜との積層体におけるアンカー部形成領域が開口される。そして、開口部を含む第1の絶縁体薄膜上の所定領域に導電性薄膜が形成され、導電性薄膜の上を含む第1の絶縁体薄膜上に第2の絶縁体薄膜が形成される。さらに、第2の絶縁体薄膜上に貼合用薄膜が形成されるとともに、当該貼合用薄膜の表面が平坦化される。引き続き、貼合用薄膜の表面と第2の半導体基板とが貼り合わされ、第1の半導体基板が所望の厚さまで研磨される。

【0008】次に、第1の半導体基板における可動電極形成部と固定電極形成部との間の不要領域が、対向する面内において基板の表面に平行な方向での離間距離を異ならせて除去される。そして、ウェットエッチングにより所定領域の犠牲層用薄膜が除去されて第1の半導体基板よりなる梁構造体が可動構造となる。その結果、請求項1に記載の構造を得る。

【0009】請求項5に記載の力学量センサの製造方法によれば、第1の半導体基板における可動電極形成部と固定電極形成部との間のエアギャップ形成領域に溝が、対向する内壁面内において基板の表面に平行な方向での離間距離を異ならせて形成される。そして、溝を含む第1の半導体基板上に、犠牲層用薄膜および第1の絶縁体薄膜が積層され、犠牲層用薄膜と第1の絶縁体薄膜との積層体におけるアンカー部形成領域が開口される。さらに、開口部を含む第1の絶縁体薄膜上の所定領域に導電性薄膜が形成され、導電性薄膜の上を含む第1の絶縁体

薄膜上に第2の絶縁体薄膜が形成される。引き続き、第2の絶縁体薄膜上に貼合用薄膜が形成されるとともに、当該貼合用薄膜の表面が平坦化され、貼合用薄膜の表面と第2の半導体基板とが貼り合わされる。次に、第1の半導体基板が所望の厚さまで研磨され、ウェットエッチングにより所定領域の犠牲層用薄膜が除去されて第1の半導体基板よりなる梁構造体が可動構造となる。その結果、請求項1に記載の構造を得る。

【0010】ここで、請求項6に記載のように、エッチングの条件を変えながら溝加工を行うことにより離間距離を異ならせるようにすると、実用上好ましいものとなる。

【0011】

【発明の実施の形態】（第1の実施の形態）以下、この発明を具体化した実施の形態を図面に従って説明する。

【0012】本実施の形態においては、半導体加速度センサに適用している。より詳しくは、サーボ制御式の差動容量型半導体加速度センサに適用している。図1は本実施の形態に係る半導体加速度センサの平面図であり、図2は図1中のエレメント部分（梁構造体2A）の拡大図であり、図3は図2におけるA-A断面図である。

【0013】図3において、基板1の上面には、単結晶シリコンよりなる梁構造体2Aが配置されている。図2、3に示すように、梁構造体2Aは基板1側から突出する4つのアンカー部3a、3b、3c、3dにより架設されており、基板1の上面において所定間隔を隔てた位置に配置されている。アンカー部3a～3dはポリシリコン薄膜よりなる。アンカー部3aとアンカー部3bとの間には梁部4が架設されており、アンカー部3cとアンカー部3dとの間には梁部5が架設されている。

【0014】また、梁部4と梁部5との間には長方形形状をなす質量部（マス部）6が架設されている。質量部6には上下に貫通する透孔6aが設けられている。この透孔6aを設けることにより、犠牲層エッチングの際にエッチング液の進入を行い易くすることができる。

【0015】さらに、質量部6における一方の側面（図2については左側面）からは4つの可動電極7a、7b、7c、7dが突出している。この可動電極7a～7dは棒状をなし、等間隔において平行に延びている。また、質量部6における他方の側面（図2においては右側面）からは4つの可動電極8a、8b、8c、8dが突出している。この可動電極8a～8dは棒状をなし、等間隔に平行に延びている。ここで、梁部4、5、質量部6、可動電極7a～7d、8a～8dは犠牲層酸化膜34（図3参照）の一部もしくは全部をエッチング除去することにより、可動となっている。

【0016】また、基板1の上面には4つの第1の固定電極9a、9b、9c、9dおよび第2の固定電極11a、11b、11c、11dが固定されている。第1の固定電極9a～9dは基板1側から突出するアンカー部

10a, 10b, 10c, 10dにより支持されており、梁構造体2Aの各可動電極(棒状部)7a~7dの一方の側面に対向して配置されている。また、第2の固定電極11a~11dは基板1側から突出するアンカー部12a, 12b, 12c, 12dにより支持されており、梁構造体2Aの各可動電極(棒状部)7a~7dの他方の側面に対向して配置されている。

【0017】同様に、基板1の上には第1の固定電極13a, 13b, 13c, 13dおよび第2の固定電極15a, 15b, 15c, 15dが固定されている。第1の固定電極13a~13dはアンカー部14a, 14b, 14c, 14dにより支持され、かつ梁構造体2Aの各可動電極(棒状部)8a~8dの一方の側面に対向して配置されている。また、第2の固定電極15a~15dは基板1側から突出するアンカー部16a, 16b, 16c, 16dにより支持されており、梁構造体2Aの各可動電極(棒状部)8a~8dの他方の側面に対向して配置されている。

【0018】また、図1に示すように、基板1の上には基板1から突出するアンカー部17a, 17b, 17cにより支持された電極取出部18a, 18b, 18cが形成され、さらにその上にはアルミ電極からなる電極パッド(ボンディングパッド)19a, 19b, 19cが形成されている。電極部20a, 20b, 20cはアンカー部17a, 17b, 17c、電極取出部18a, 18b, 18c、電極パッド19a, 19b, 19cから構成され、電極部20dは固定部2B(図3参照)と電極パッド19dから構成される。

【0019】基板1は図3に示すようにシリコン基板22の上に貼合用薄膜(ポリシリコン薄膜)23と絶縁体薄膜(シリコン酸化膜)24と絶縁体薄膜25と導電性薄膜(例えばリン等の不純物をドーピングしたポリシリコン薄膜)26と絶縁体薄膜27とを積層した構成となっており、導電性薄膜26が絶縁体薄膜25, 27で覆われた構造となっている。ここで、絶縁体薄膜25, 27は前述した犠牲層をエッチングする際のエッチング液で浸食されにくい薄膜(例えばシリコン窒化膜)で構成されている。つまり、本例では、エッチング液としてHF(フッ素水素液)が用いられ、シリコン窒化膜はシリコン酸化膜に比べ浸食量が小さくセンサ製造に適している。

【0020】導電性薄膜26は図3に示すようにアンカー部3a, 10a, 10b, 12aを構成している。また、アンカー部3b~3d, 10c, 10d, 12b~12d, 14a~14d, 16a~16d, 17a~17cについても導電性薄膜26により構成されている。

【0021】また、導電性薄膜26は第1の固定電極9a~9dと電極取出部18aの間、第1の固定電極13a~13dと電極取出部18aの間、第2の固定電極11a~11dと電極取出部18cの間、および第2の固

定電極15a~15dと電極取出部18cの間をそれぞれ電気的に接続する配線を形成するとともに、下部電極(静電気力相殺用固定電極)28を形成している。なお、下部電極28は図2に示すように基板1の上面部における梁構造体2Aと対向する領域に形成されている。

【0022】また、図1, 図2に示すように、固定電極9a~9dは配線パターン29、アンカー部17aを通じて電極取出部18aと接続されており、その上面にアルミ薄膜よりなる電極パッド(ボンディングパッド)19aが設けられている構成となっている。また、固定電極11a~11dは配線パターン30、アンカー部17cを通じて電極取出部18cと接続され、その上面に電極パッド19cが設けられている。固定電極13a~13dは同様に配線パターン31を通じて電極取出部18aおよび電極パッド19aと、また、固定電極15a~15dは配線パターン32を通じて電極取出部18cおよび電極パッド19cと接続されている。梁構造体2Aは配線パターン33およびアンカー部17bを通じて電極取出部18bおよび電極パッド19bと接続されている。ここで、電極パッド19dは表面電位を取るためのもので、詳しくは、1枚のシリコン基板のうち梁構造体2A、固定電極(9a~9d, 11a~11d, 13a~13d, 15a~15d)、電極取出部(18a~18c)を除く部分の電位を取るためのものである。

【0023】上記した構成において、梁構造体2Aの可動電極7a~7dと第1の固定電極9a~9dとの間に第1のコンデンサが形成され、梁構造体2Aの可動電極7a~7dと第2の固定電極11a~11dとの間に第2のコンデンサが形成される。同様に、梁構造体2Aの可動電極8a~8dと第1の固定電極13a~13dとの間に第1のコンデンサが、また梁構造体2Aの可動電極8a~8dと第2の固定電極15a~15dとの間に第2のコンデンサが形成される。

【0024】そして、第1, 第2のコンデンサの容量に基づいて梁構造体2Aに作用する加速度を検出することができるようになっている。より詳しくは、可動電極と固定電極とにより2つの差動型静電容量を形成し、2つの容量が等しくなるようにサーボ動作を行う。

【0025】ここで、図4に、図3の固定電極・可動電極の断面の拡大図を示す。図4において、可動電極35と固定電極36とが対向する面内において、梁構造体2Aの移動方向での離間距離d1, d2が異なっている。詳しくは、可動電極35と固定電極36とが対向する面が、対向する面内での離間距離が徐々に変化するテーパ形状となっている。つまり、図4の上端での梁構造体2Aの移動方向での離間距離はd1と最も小さく、下端での梁構造体2Aの移動方向での離間距離はd2と最も大きくなっている。よって、図3に示したように、可動電極(7a~7d, 8a~8d)を含む梁構造体2A及び固定電極(9a~9d, 11a~11d, 13a~13

d, 15a~15d)に適切なテーパ形状を採用することで、スティッキングを起こす電極対向面に、そのスティッキング面積が減少している。これにより、スティッキング力を減じてリリースしやすい。

【0026】さらに、電極形状をテーパとすることで、応力の残留部位である梁構造体2Aの下端面の面積が少なくなり、反りの発生が抑えられる。これにより、所望のセンサ形状が得られる。詳しくは、例えば、図4において仮想線100, 200にて描く断面形状を有する構造において、反りの原因となる残留応力が固定・可動電極35, 36での基板1側に多く生じている場合は、図4に実線で示すように、下側の辺を狭くした台形状とする、つまり、断面長方形形状をなす電極100, 200に対し基板1側の幅Wを狭くすれば反りを抑えることが可能になる。

【0027】次に、このように構成した半導体加速度センサの製造方法を、図5~図20を用いて説明する。まず、図5に示すように、第1の半導体基板として単結晶シリコン基板40を用意する。そして、トレンチエッチングによりシリコン基板40に溝41を形成する。この溝41は後記する研磨時のストッパおよびマスクの合わせマークとして利用するためのものである。

【0028】さらに、図6に示すように、シリコン基板40の表面にイオン注入などにより不純物をドーブし、低抵抗領域42を形成する。そして、図7に示すように、犠牲層用薄膜としてのシリコン酸化膜43をCVD法などにより成膜し、さらにシリコン酸化膜43の表面を平坦化する。

【0029】引き続き、図8に示すように、シリコン酸化膜43に対しフォトリソグラフィを経て一部エッチングして凹部44を形成する。その後、図9に示すように、表面の凹凸を増大させるためと犠牲層エッチング時のエッチングストッパとするためにシリコン窒化膜(第1の絶縁体薄膜)45を成膜する。

【0030】そして、図10に示すように、シリコン酸化膜43とシリコン窒化膜45の積層体に対しフォトリソグラフィを経てドライエッチングなどによりアンカー部形成領域に開口部46a, 46b, 46c, 46dを形成する。この開口部46a~46dは、梁構造体と下部電極とを接続するため、および固定電極・電極取出部と配線パターンとを接続するためのものである。

【0031】引き続き、図11に示すように、開口部46a~46dを含むシリコン窒化膜45の上にポリシリコン薄膜47を成膜し、その後、リン拡散などにより不純物を導入し、さらに、フォトリソグラフィを経てアンカー部、配線、下部電極のパターン(導電性薄膜)47a, 47b, 47c, 47dを形成する。

【0032】そして、図12に示すように、ポリシリコン薄膜47a~47dおよびシリコン窒化膜45の上に、第2の絶縁体薄膜としてのシリコン窒化膜48とシリ

コン酸化膜49を順に成膜する。

【0033】さらに、図13に示すように、シリコン酸化膜49上に貼合用薄膜としてのポリシリコン薄膜50を成膜し、図14に示すように、貼合のためにポリシリコン薄膜50の表面を機械的研磨などにより平坦化する。

【0034】その後、図15に示すように、シリコン基板40とは別の単結晶シリコン基板(支持基板)51を用意し、ポリシリコン薄膜50の表面と第2の半導体基板としてのシリコン基板51とを貼り合わせる。

【0035】そして、図16に示すようにシリコン基板40, 51を表裏逆にして、図17に示すように、シリコン基板40側を機械的研磨などを行い薄膜化する。この際、溝41内のシリコン酸化膜43の層が出現するまで研磨を行う。このようにして、シリコン酸化膜43の層が出現するまで研磨を行うと、研磨における硬度が変化するため、研磨の終点を容易に検出することができる。

【0036】この後、図18に示すように、層間絶縁膜としてのシリコン酸化膜52を成膜した後、イオン注入などにより不純物をドーブする。このようにして低抵抗層53をシリコン基板40の表面に形成する。そして、コンタクト孔54を形成し、図19に示すように、アルミ電極55を成膜・フォトリソグラフィを経て形成する。その後、固定電極を含む固定部2Bと梁可動体2Aを画定するための溝56を形成する。この溝56は、シリコン基板40における可動電極形成部と固定電極形成部との間の不要領域に形成されるものであって、この溝56はその内部の壁面が基板40の表面に平行な方向で徐々に離間距離が大きくなるテーパ状にされる。この溝56の形成に関し、より詳しくは、ドライエッチングの際の条件として所望のガス種を選択して使用することにより溝56を図19の断面形状にする。

【0037】最後に、図20に示すように、HF系のエッチング液によりシリコン酸化膜43, 52をエッチング除去し、可動電極を有する梁構造体を可動とする。つまり、エッチング液を用いた犠牲層エッチングにより所定領域のシリコン酸化膜43を除去してシリコン基板40よりなる梁構造体を可動構造体とする。この際、エッチング後の乾燥の過程で可動部が基板に付着するのを防止するため、パラジクロロベンゼン等の昇華剤を用いる。

【0038】このようにして、図4に示す固定電極・可動電極の断面形状を有する半導体加速度センサを形成することができる。このように本実施形態は、下記の特徴を有する。

(イ) 図4に示すように、可動電極35と固定電極36とが対向する面内において梁構造体2Aの移動方向での離間距離を異ならせた。よって、スティッキングが起こる部位である電極の対向面におけるスティッキング面積

を減らし、スティッキング力を減じてリリースしやすい構造を提供することができる。より詳しくは、可動電極35と固定電極36とが対向する面のうち少なくともいずれか一方を、対向する面内での離間距離が徐々に変化するテーパ形状とする。

【0039】また、図4のごとく、電極の対向面をテーパ形状を形成することで、反りの発生要因となる応力の残留部位を少なくでき、反りの発生を抑えることができる。

(ロ) 製造方法として、図9に示すように、シリコン基板40上に、犠牲層用薄膜43および絶縁体薄膜45を積層し、図10に示すように、犠牲層用薄膜43と絶縁体薄膜45との積層体におけるアンカー部形成領域46a、46b、46c、46dを開口し、図11に示すように、開口部46a～46dを含む絶縁体薄膜45上の所定領域に導電性薄膜47a、47b、47c、47dを形成し、図12に示すように、導電性薄膜47a～47dの上を含む絶縁体薄膜45上に絶縁体薄膜48、49を形成し、図13に示すように、絶縁体薄膜48、49上に貼合用薄膜50を形成するとともに、図14に示すように、貼合用薄膜50の表面の平坦化を行い、図15に示すように、貼合用薄膜50の表面とシリコン基板51とを貼り合わせ、図17に示すように、シリコン基板40を所望の厚さまで研磨し、図19のようにシリコン基板40における可動電極形成部と固定電極形成部との間の不要領域を、対向する面内において基板の表面に平行な方向での離間距離を異ならせて除去し、図20に示すように、ウェットエッチングにより所定領域の犠牲層用薄膜43を除去してシリコン基板40よりなる梁構造体を可動構造体とした。その結果、(イ)のセンサ構造を得ることができ、しかも、梁構造体のアンカー部から可動電極用配線を、また、固定電極のアンカー部から固定電極用配線を延設した構造を得るための製造方法として好ましいものになる。

(第2の実施の形態) 次に、第2の実施の形態を、第1の実施の形態との相違点を中心に説明する。

【0040】上記した第1の実施形態においては、図19に示す溝56の形成、即ち、固定電極を含む固定部2Bと梁構造体2Aを画定するエッチングを、工程の最後部分に行ったが、本実施形態では、この工程を図5で述べたトレンチエッチングと同時にやっている。これを、図21～図36を用いて詳しく説明する。

【0041】まず、図21に示すように、単結晶シリコン基板40に対し、固定電極を含む固定部2Bと梁構造体2Aを画定するための溝60を形成する。つまり、この溝60は、シリコン基板40における可動電極形成部と固定電極形成部との間のエアギャップ形成領域に形成されるものであって、かつ、対向する内壁での面内において基板40の表面に平行な方向での離間距離を異ならせテーパ状にして形成する。

【0042】そして、図22に示すように、シリコン基板40の表面にイオン注入などにより不純物をドーブし、低抵抗領域42を形成し、図23に示すように、犠牲層用薄膜としてのシリコン酸化膜43をCVD法などにより成膜し、さらにシリコン酸化膜43の表面を平坦化する。

【0043】さらに、図24に示すように、シリコン酸化膜43に対しフォトリソグラフィを経て一部エッチングして凹部44を形成した後、図25に示すように、シリコン窒化膜45を成膜する。そして、図26に示すように、シリコン酸化膜43とシリコン窒化膜45の積層体に対しアンカー部形成領域に開口部46a、46b、46c、46dを形成し、図27に示すように、開口部46a～46dを含むシリコン窒化膜45の上にポリシリコン薄膜47を成膜し、その後、リン拡散などにより不純物を導入し、さらに、フォトリソグラフィを経てアンカー部、配線、下部電極のパターン47a、47b、47c、47dを形成する。

【0044】そして、図28に示すように、ポリシリコン薄膜47およびシリコン窒化膜45の上にシリコン窒化膜48とシリコン酸化膜49を成膜し、図29に示すように、シリコン酸化膜49上に貼合用薄膜としてのポリシリコン薄膜50を成膜し、図30に示すように貼合のためにポリシリコン薄膜50の表面を機械的研磨などにより平坦化する。

【0045】その後、図31に示すように、ポリシリコン薄膜50の表面と第2の半導体基板としてのシリコン基板51とを貼り合わせ、図32に示すようにシリコン基板40、51を表裏逆にして、図33に示すように、シリコン基板40側を機械的研磨などを行い薄膜化する。この後、図34に示すように、層間絶縁膜としてのシリコン酸化膜52を成膜した後、イオン注入などにより不純物をドーブする。そして、コンタクト孔54を形成し、図35に示すように、アルミ電極55を成膜・フォトリソグラフィを経て形成し、図36に示すように、HF系のエッチング液によりシリコン酸化膜43、52をエッチング除去し、可動電極を有する梁構造体を可動とする。

【0046】このように本実施形態は、下記の特徴を有する。

(イ) 図21に示すように、シリコン基板40における可動電極形成部と固定電極形成部との間のエアギャップ形成領域に溝60を、対向する内壁面内において基板の表面に平行な方向での離間距離を異ならせて形成する。そして、図25に示すように、溝60を含む基板40上に、犠牲層用薄膜43および絶縁体薄膜45を積層し、図26に示すように、犠牲層用薄膜43と絶縁体薄膜45との積層体におけるアンカー部形成領域46a～46dを開口し、図27に示すように、開口部46a～46dを含む絶縁体薄膜45上の所定領域に導電性薄膜47



a～47dを形成し、図28に示すように、導電性薄膜47a～47dの上を含む絶縁体薄膜45上に絶縁体薄膜48、49を形成し、図29、30に示すように、絶縁体薄膜48、49上に貼合用薄膜50を形成するとともに、貼合用薄膜50の表面を平坦化を行い、図31に示すように、貼合用薄膜50の表面とシリコン基板51とを貼り合わせ、図33に示すように、シリコン基板40を所望の厚さまで研磨し、図36に示すように、ウェットエッチングにより所定領域の犠牲層用薄膜43を除去してシリコン基板40よりなる梁構造体を可動構造とする。その結果、図3に示すセンサ構造を得る。

【0047】これまで説明してきたものの他にも下記のように実施してもよい。図4に代わる可動電極35と固定電極36との対向する面内における構造として、図37に示すように、逆テーパとしてもよい。つまり、図37の下端における梁構造体2Aの移動方向での離間距離はd11と最も小さく、上端における梁構造体2Aの移動方向での離間距離はd10と最も大きくする。このようなテーパ形状を有する溝は、ドライエッチングの際の条件として所望のガス種を選択して使用することにより得られるものである。この場合には、上端において応力の残留部位を少なくすることができ、反りの発生を抑えることができる。つまり、図37において仮想線100、200にて描く断面形状を有する構造において、反りの原因となる残留応力が固定・可動電極35、36での反基板側に多く生じている場合は、図37に実線で示すように、上側の辺を狭くした台形状とすると（反基板側の梁幅Wを狭くすると）反りを抑えることが可能になる。

【0048】なお、図4に示すテーパ形状とするか図37に示すテーパ形状にするかについては、実際にセンサを製造し、その結果から反りの発生を抑制するためのテーパ形状を決定すればよい。

【0049】また、図38に示すように、中央を接近させた正・逆テーパ（順テーパと逆テーパの組み合わせ）としてもよい。つまり、中央部の距離d22に対し上下両端部の距離d20、d21を小さくする。

【0050】あるいは、図39に示すように、上下端を接近させた正・逆テーパ（順テーパと逆テーパの組み合わせ）としてもよい。つまり、上下両端部の距離d30、d31に対し中央部の距離d32を小さくする。

【0051】あるいは、図40に示すように、順テーパと逆テーパを連続的に繰り返して凹凸を形成する。ここで、図38～図40に示す溝形状は、ドライエッチングの条件を変えつつ溝加工を行うことにより実現できる。例えば、変える条件としては、ガス種、ガス流量、基板温度、パワーが挙げられる。このようにして、エッチングの条件を変えながら溝加工を行うことにより離間距離dを異ならせることができる。

【0052】また、図4では可動電極35と固定電極3

6とが対向する面のうちの両方をテーパ面としたが、一方のみをテーパ面（あるいは凹凸面等）としてもよい。また、本発明は上記した加速度センサに限らずヨーレートセンサなどの力学量センサにも適用することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態にかかる半導体加速度センサの平面構成を示す図。

【図2】 図1中のエレメント部分の拡大図。

【図3】 図2のA-A断面図。

【図4】 実施形態にかかる加速度センサの断面の部分拡大図。

【図5】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図6】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図7】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図8】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図9】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図10】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図11】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図12】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図13】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図14】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図15】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図16】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図17】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図18】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図19】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図20】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図21】 第2の実施形態における加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図22】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図23】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図24】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図25】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図26】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図27】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図28】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図29】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図30】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図31】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図32】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図33】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図34】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図35】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図36】 加速度センサの製造工程を示す断面図。

【図37】 別例の加速度センサの断面図。

【図38】 別例の加速度センサの断面図。

【図39】 別例の加速度センサの断面図。

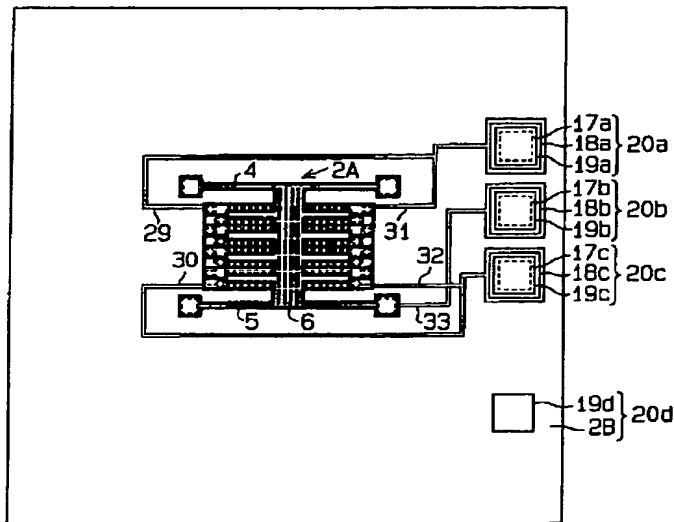
【図40】 別例の加速度センサの断面図。

【符号の説明】

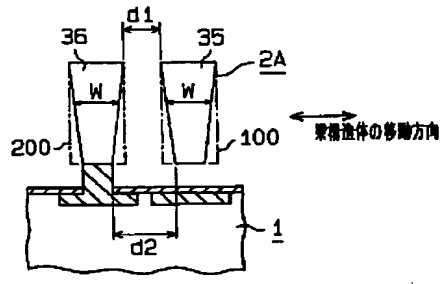
1…基板、2A…梁構造体、7a, 7b, 7c, 7d…可動電極、8a, 8b, 8c, 8d…可動電極、9a, 9b, 9c, 9d…第1の固定電極、11a, 11b, 11c, 11d…第2の固定電極、13a, 13b, 13c, 13d…第1の固定電極、15a, 15b, 15

c, 15d…第2の固定電極、40…シリコン基板、41…溝、43…シリコン酸化膜、45…シリコン窒化膜、46a~46d…開口部、47a~47d…ポリシリコン薄膜、48…シリコン窒化膜、50…ポリシリコン薄膜、51…シリコン基板、56…溝、60…溝。

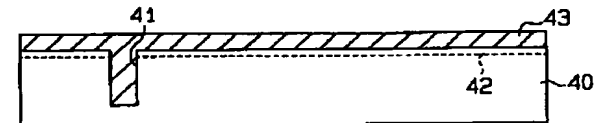
【図1】



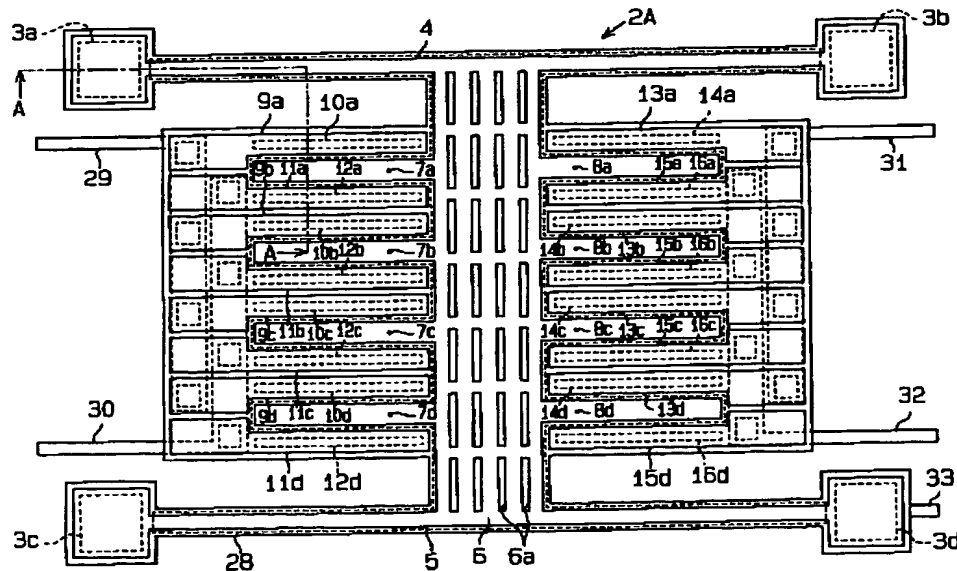
【図4】



【図7】

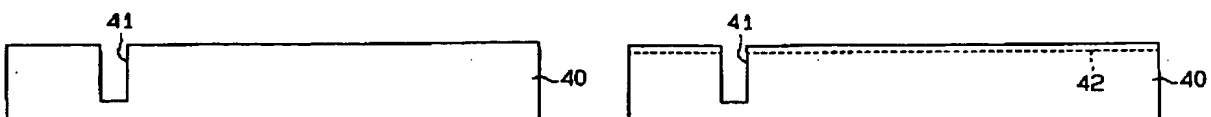


【図2】



【図5】

【図6】

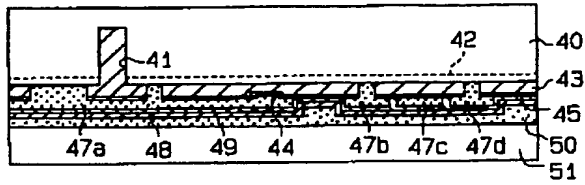


[illegible]

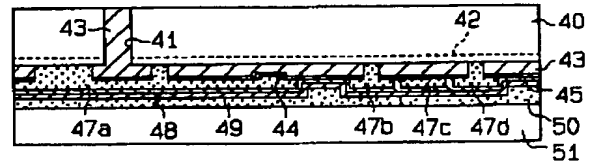
A cross-sectional view of a multi-layered structure. The structure consists of several horizontal layers. From top to bottom, the layers are labeled: 51 (topmost), 50, 45, 43, and 40 (bottommost). Within these layers, there are various components and features labeled: 47a, 48, 49, 44, 47b, 47c, and 47d are located in the upper layers. 41 is a vertical component on the left side. 42 is a vertical component on the right side. The layers are separated by dashed lines, indicating interfaces or boundaries.

This diagram shows a cross-sectional view of a second embodiment of the device. It features a substrate 40 with a series of rectangular protrusions 50. A thin layer 60 is deposited on the substrate, covering the protrusions and the recessed areas between them. The layer 60 is shown as a continuous film across the entire surface.

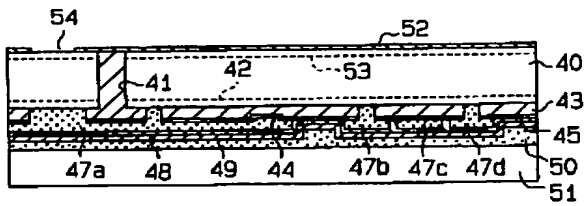
【図16】



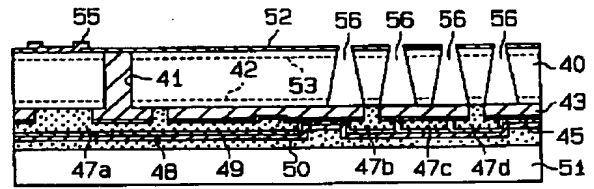
【図17】



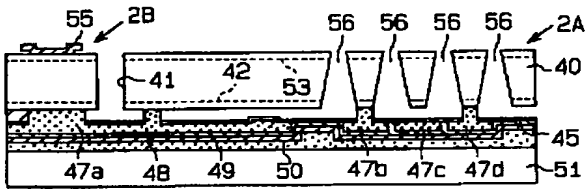
【図18】



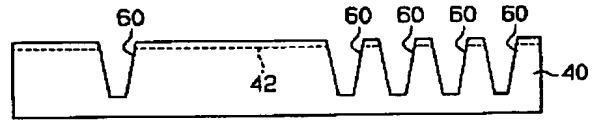
【図19】



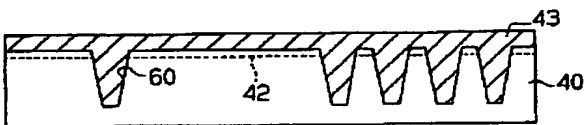
【図20】



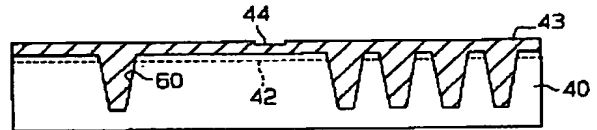
【図22】



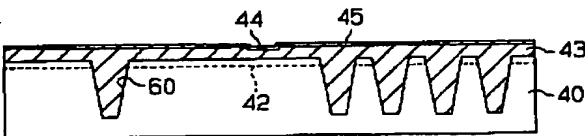
【図23】



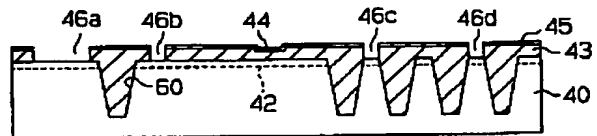
【図24】



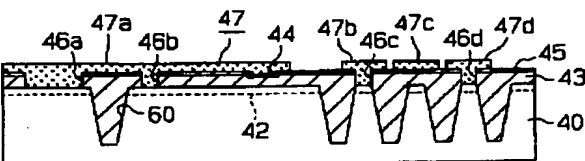
【図25】



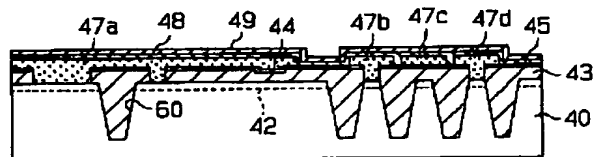
【図26】



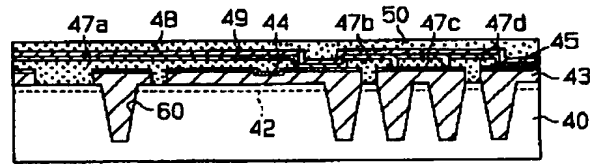
【図27】



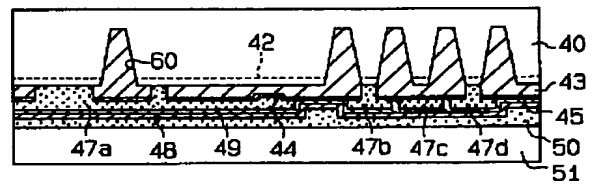
【図28】



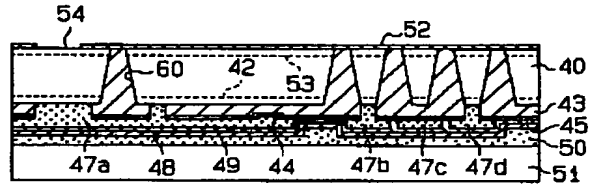
【図 30】



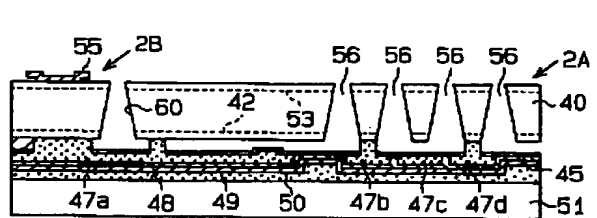
【図 3 2】



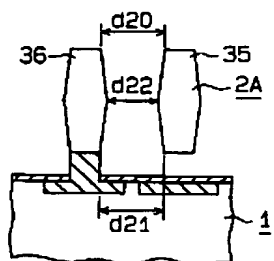
【図 3 4】



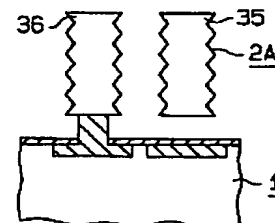
【図 3 6】



【图 38】



【図 40】



フロントページの続き

(72)発明者 山内 庄一  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

Fターム(参考) 4M112 AA02 BA07 CA22 CA26 CA36  
DA03 DA04 DA05 DA18 EA03  
EA04 FA07